

光電子顕微鏡を用いたパーマロイ-マイクロクロスの磁区観察
**Magnetic domain observation of crossed permalloy micro pattern
using photoelectron emission microscope (PEEM)**

小飼真人^A、藤井洋一^B、清水智弘^B、脇田高德^C、谷内敏之^D、

小野寛太^E、小林啓介^C、新宮原正三^B

M. Kotsugi^A, Y. Fujii^B, T. Shimizu^B, T. Wakita^C,

T. Taniuchi^D, K. Ono^E, K. Kobayashi^C, S. Shingubara^B

^{A)}広島大学放射光センター、^{B)}広島大学、^{C)}JASRI、^{D)}東京大学、^{E)}高エネルギー加速器研究機構

^{A)} HiSOR, ^{B)} Hiroshima Univ., ^{C)} JASRI, ^{D)} The Univ. of Tokyo, ^{E)} KEK

我々は BL25SU に設置された PEEM SPECTOR を用いて、電子ビームリソグラフィーによって作成されたパーマロイ試料に対して磁区構造の観察を行った。試料の形状は、一辺が $10\mu\text{m}$ の正方形よりそれぞれ $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ の長さの切れ込みを 4 隅に入れた十字架状のマイクロクロスである。PEEM 測定の結果、 $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ については正方形と同じく Vortex 状の磁区構造をとるやすく、 $3\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ はそれとは異なる磁区構造をとることが観察された。

We observed the magnetic domain of permalloy micro pattern prepared by electron beam lithography using photoelectron emission microscope (PEEM) SPECTOR at BL25SU. The shape of micro pattern is varying from square to cross, insection length is varying from 1 to $4\mu\text{m}$ continuously and longer length is fixed to $10\mu\text{m}$. As the result of PEEM measurement, the magnetic domain structure of 1 and $2\mu\text{m}$ insection length tends to obtain vortex domain, and others are different.

近年 20 年のナノテクノロジーの発達により、ハードディスクなどの磁気記録媒体の容量は飛躍的に向上しており 2007 年には 1 T(テラ)bit/inch² まで到達する見込みである。ディスクの高密度化を達成するには読み取り/書き込みヘッドの小型化、そしてディスク上の一つ一つのビットの小型化が重要な要素となる。磁性体のナノ構造の研究はこの両者に直接寄与することから非常に重要な意味を

持つ。ナノ磁性体の形状異方性の議論や容易磁化軸の制御方式の議論をすることは非常に重要であり、高密度化へのブレイクスルーになることが期待されている。

今回我々は BL25 の高輝度かつ高分解能円偏光軟 X 線と同エンドステーションに設置された ELMITEC 社製 PEEM を用い、電子線リソグラフィーによって微細加工されたパーマロイ-マイクロクロスパターンの磁区

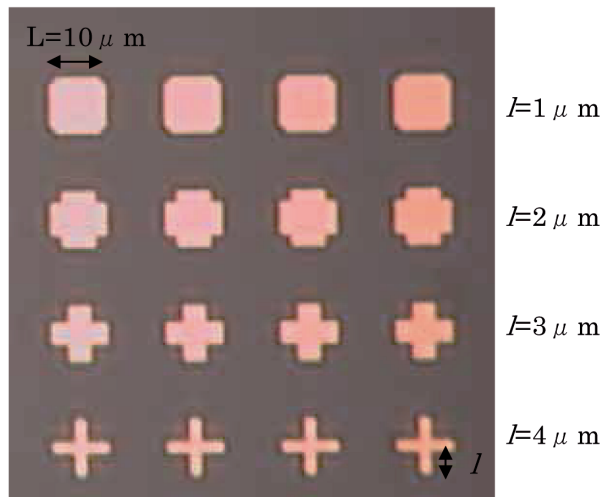


図 1 : マイクロクロスパターンの形状

構造の解析を行った。PEEM を用いることで、XY 軸に位置の情報、Z 軸に光電子収量の情報を得る。また MCD と組み合わせることで元素毎の磁区構造を測定することができる。

試料は電子線リソグラフィーにより微細加工を行ったものである。Si 基盤上に厚さ 50nm のパーマロイ ($\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$) のパターンを作成し、その後酸化防止のために Au 1nm を表面に蒸着した。形状に関しては長辺 L を $10 \mu\text{m}$ に固定し、切れ込みの深さ (l) をそれぞれ $1 \mu\text{m}$ 、 $2 \mu\text{m}$ 、 $3 \mu\text{m}$ 、 $4 \mu\text{m}$ とし 4 種類の異なるマイクログロスを作成した。図 1 はその試料を光学顕微鏡で観察した像である。各マイクログロスは同様の形状のものが 15 枚左右に並んでいる。現状では大きめの試料を作成しているが、形状が相似形であれば定性的に物性は変わらないと予想されるため¹⁾、観測する事を主眼において、また信号強度を優先し大きめの試料を作成した。

図 2 に PEEM により観測されたマイクログロスの磁区構造を示す。光エネルギーは Ni の L 吸収端 (852.7eV) に設定し、1Hz の

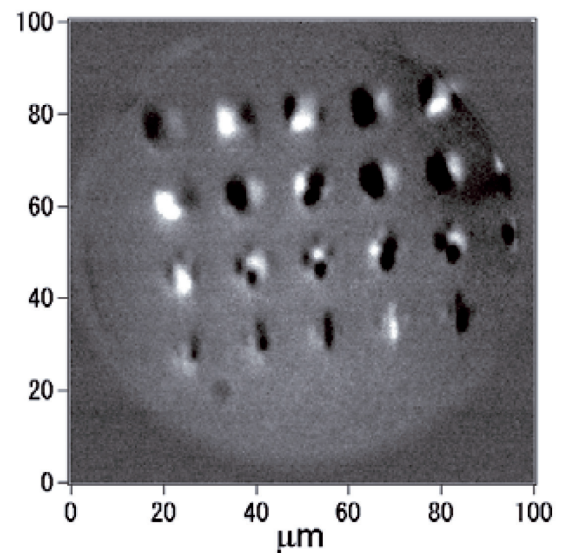


図 2 : PEEM によるマイクログロスの磁区構造

円偏光高速切り替えモードで測定した。視野は $100 \mu\text{m}$ に設定し、一枚あたりの測定時間は約 15 分である。その結果、 $l=1$ においては、二種類の磁区構造が観測された。一つは Vortex であり、もう一つは準安定状態の磁区構造である²⁾。また $l=2$ においても同様に Vortex と準安定状態の二種が確認された。全 15 個のマイクログロスの磁区構造を観察したところ、 $l=1$ における Vortex と準安定状態の比は 10:5、 $l=2$ における Vortex と準安定状態の比は 14:1 であった。これは形状の変化により $l=2$ はより円形に近づくため、Vortex 構造をとりやすくなるためと考えられる。 $l=3$ においては磁区構造は劇的に変化し Vortex は完全に消失する。マルチドメイン、あるいは 4 回対称の磁区構造が観測された。 $l=4$ においては、磁壁が消失し単磁区的な構造をとった。これはクロスの幅が狭くなったことで、異方性があがったためと考えられる。

また Fe と Ni 両方の L 吸収端を用いて磁区構造測定を行ったが、両者とも同じ傾向を示し、強磁性となることが確認された。

$l=2\sim 4$ の領域においては磁区構造が劇的に変化しているため、今後の課題としてはさらにステップを細かくした試料を作成し、精度のよい測定を行いたい。またマイクロマグネティックスシミュレーションとの比較による定量的な議論が期待される。

参考文献

- 1) H. Hoffmann et al J. Appl. Phys. **92**, (2002),5463
- 2) S. Imada et al. Jpn. J.Appl. Phys. **39**, (2000),L585